

Mathematisches Modellieren in der Chemie – empirische Validierung eines Modellierungskreislaufes mithilfe eines Kompetenztests

Mathematisches Modellieren & Modellierungskreisläufe:

Modellieren ist wie das Experimentieren eine essentielle Arbeitsweise in den Naturwissenschaften. Modellierungskompetenz stellt sich dabei für viele Lernende als Bündel komplexer Fähigkeiten und Fertigkeiten dar. Mit der Entwicklung von Modellierungskreisläufen können diese Prozesse strukturiert dargestellt und somit sowohl diagnostisch als auch didaktisch genutzt werden. Somit ermöglichen Modellierungskreisläufe einen Einblick in den Modellierungsprozess von Schülerinnen und Schülern. Blum & Borromeo Ferri (2009) entwickelten ein diagnostisches Modell für Mathematisches Modellieren aus mathematikdidaktischer Perspektive. Damit Modellierungsprozesse in den unterschiedlichen naturwissenschaftlichen Fachdisziplinen untersucht werden können, wurden basierend auf diesem Kreislauf für mathematisches Modellieren, weitere fachspezifische Modellierungskreisläufe entwickelt (Physik: Massolt et al., 2016; Chemie: Goldhausen & De Fuccia, 2015; Biologie: Meister & Upmeyer zu Belzen, 2018; Frick, 2020). Auf Grundlage von IRT-skalierten Testinstrumenten für mathematisches Modellieren aus der Mathematikdidaktik (Brand, 2014) soll ausgehend von Goldhausen & Di Fuccias (2020) entwickelten diagnostischen Modells für mathematisches Modellieren in der Chemie

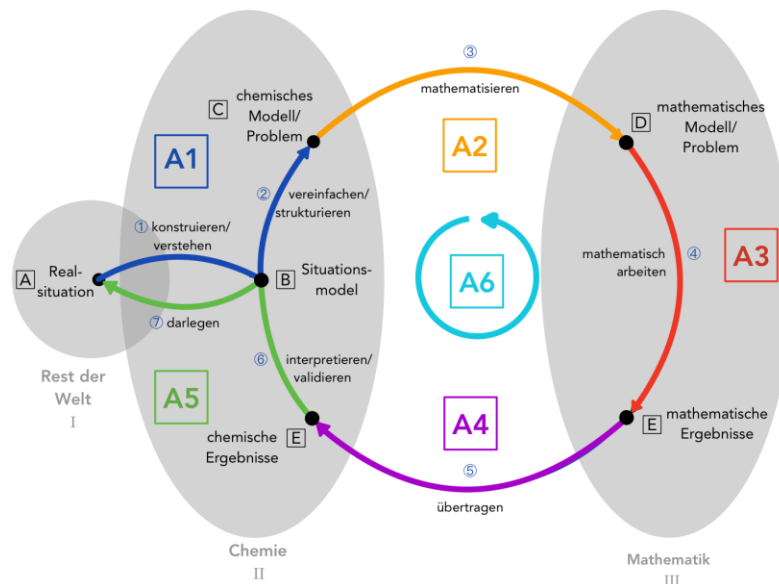


Abbildung 1: Kategorienbildung am Mathematischen Modellierungszyklus von Goldhausen & Di Fuccia (2015)

(Goldhausen, 2015; Goldhausen & Di Fuccia 2020) ein chemiespezifisches Testinstrument (für die Fähigkeit des Mathematisches Modellierens) entwickelt werden.

Testentwicklung:

Die einzelnen Teilschritte innerhalb des Kreislaufes wurden in Itemkategorien zusammengefasst (Brand, 2014). Dabei wurde der im Modell beschriebene Wechsel zwischen den fachlichen Ebenen (Realitäts-/Aufgabenkontext; Chemie; Mathematik) fokussiert. Für die Entwicklung des Testinstruments wird Schmidt & Di Fuccias (2015) Modellierungskreislauf in fünf verschiedene Abschnitte unterteilt: (A1) Realität → Chemie, (A2) Chemie → Mathematik, (A3) Mathematisches Arbeiten, (A4) Mathematik → Chemie, (A5) Chemie → Realität, s. Abb. 1. Diese Abschnitte beschreiben jeweils den Wechsel zwischen den von Johnston (1991) beschriebenen Ebenen (Makroskopische Ebene (Realität, Phänomene), Submikroskopische Ebene (spezifische Modelle in der Chemie), Repräsentationale Ebene (chemie- und Mathematikspezifische Symbolsysteme)). Für jeden Abschnitt wurden 12 Items konstruiert. Jedes Item hat insgesamt fünf Antwortmöglichkeiten. Eine richtige Antwort, zwei ‚plausible‘ Antworten die auf Schülervorstellungen/Präkonzepten oder gängigen Fehlern beruhen und zwei falsche Antworten. Zusätzlich wurde eine Kategorie (A6) ‚Gesamtmodellieren‘ entwickelt (6 Items), die den Modellierungsprozess als Ganzen in den Blick nimmt. Die Testaufgaben der Kategorien (A1) bis (A5) fokussieren unterschiedliche Transformationen im Modellierungsprozess:

- Kategorie A1 umfasst Fragen, die sich auf das Verstehen/Konstruieren einer Problemstellung, das Strukturieren/Vereinfachen von Problemen/Aufgaben, das Identifizieren relevanter Aspekte eines Sachverhaltes oder das Auswählen geeigneter Modellvorstellungen konzentrieren.
- Kategorie A2 fokussiert darauf, das ausgewählte Modell zu mathematisieren. Es sind geeignete Formeln auszuwählen, mathematische Zusammenhänge zu beschreiben oder mathematische Formeln zu entwickeln.
- In der dritten Kategorie A3 gilt es mathematisch zu arbeiten. Entsprechend werden hier mathematische Konzepte, Arbeitsweisen und Lösungswege getestet.
- In Abschnitt vier A4 müssen mathematische Ergebnisse chemiespezifisch eingeordnet werden. Hierzu gehört z.B. das Identifizieren der Einheit eines mathematischen Ergebnisses, das Zuordnen mathematischer Ergebnisse zu Variablen oder mathematische Ergebnisse in den Fachkontext einzuordnen.
- Die letzte Kategorie A5 des Kreislaufes beschreibt die Interpretation des Ergebnisses unter Berücksichtigung der Ausgangssituation, entsprechend ist hier auf Sinnhaftigkeit oder ob das Ergebnis zum verwendeten Modell passt zu prüfen oder es sind Antwortsätze zu formulieren.
- Die Kategorie A6 "Gesamtmodellieren" nimmt den ganzen Modellierungsprozess in den Fokus. Dabei werden Vorgehensweisen zur Lösung von Modellierungsaufgaben abgefragt.

Beispielitems:

Für jede Kategorie wird ein Beispielitem skizziert, das den Fokus des Abschnittes herausarbeitet:

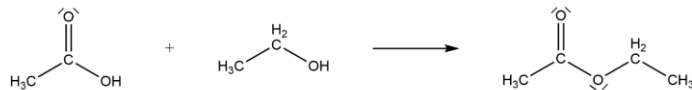
- (A1) *Wirkung von ACE-Hemmer*: Auswahl einer geeigneten Modelldarstellung (kompetitive Hemmung) inklusive korrekter Beschreibung. Distraktoren enthalten

fehlerhafte Abbildungen (keine Hemmung abgebildet; falsche Substrate) oder falsche Beschreibungen.

- (A2) *Reaktionskinetik*: Ergebnisse eines im Labor durchgeführten Experiments zum Einfluss von Temperatur auf die Reaktionsgeschwindigkeit einer chemischen Reaktion. Antworten enthalten jeweils ein Diagramm, in dem Temperatur und Geschwindigkeit gegeneinander aufgetragen sind sowie eine Aussage über den vorliegenden Zusammenhang (direkte; indirekte Proportionalität) zwischen den Variablen. Fehlerhafte Diagramme und falsche mathematische Zusammenhänge dienen als Distraktoren.
- (A3) *Bestimmung von Flächeninhalten*: Ausrechnen von rechteckigen Flächeninhalten, Oberflächen von Körper; Flächen unterhalb von Funktionsgraphen
- (A3) *Funktionsbegriff*: Definition von Funktionen, Eigenschaften von Funktionen bestimmen, Berechnen von Funktionsschnittpunkten
- (A4) *Reaktionsgeschwindigkeit*: Einheit eines ausgerechneten Wertes ausgehend von der mathematischen Formel ableiten. Distraktoren bestehen in falscher Zuordnung von Variablen und Einheiten sowie "falsch gekürzten" Einheiten (Abbildung 2).
- (A5) *Mischungskreuz*: Mithilfe des Mischungskreuz berechnete Mengen für die Verdünnung von Natriumchloridlösung. Beurteilung einer daraus gezogenen Schlussfolgerung. Distraktoren bestehen aus falschen Einschätzungen als auch richtigen Einschätzung mit inkorrekten Begründungen.
- (A6) *Säure-Base-Chemie*: Bestimmung der benötigten Menge an Base zur Neutralisation eines Kesselwagens mit Säure (bestimmter Konzentration). Distraktoren: unrealistische Abschätzung, fehlerhafte Berechnungen oder auch falsche Interpretation des Stoffmengenverhältnisses.

Reaktionsgeschwindigkeit

Bei der Reaktion von Carbonsäure und Alkoholen entstehen Carbonsäureester (vgl. Reaktionsgleichung)



Die Reaktionsgeschwindigkeit lässt sich als die Änderung der Konzentration über die Zeit beschreiben. Dies wird über das Differential $v = \frac{dc}{dt}$ ausgedrückt. Mithilfe dieser Formel wurde eine mittlere Reaktionsgeschwindigkeit von 2,1 berechnet.

Welche Einheit hat der berechnete Zahlenwert ?

- $\frac{\text{mol} \cdot \text{s}}{\text{L}}$
- $\frac{\text{g}}{\text{L} \cdot \text{s}}$
- $\frac{\text{g}}{\text{s}}$
- $\frac{\text{mol}}{\text{s}}$
- $\frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{s}}$

Abbildung 2: Beispielim der Kategorie A4.

Das hier beschriebene Testinstrument wird im Winter 2022 mithilfe von Studierenden der Chemie validiert und skaliert um es im Anschluss zur Anwendung bringen zu können.

Literatur

- Blum, W. & Borromeo Ferri, R. (2009). Modelling: Can it be taught and learnt? In: *Journal of Mathematical Modelling and Application*, 1 (1), S. 45-58.
- Brand, S. (2014). *Erwerb von Modellierungskompetenzen: Empirischer Vergleich eines holistischen und eines atomistischen Ansatzes zur Förderung von Modellierungskompetenzen*. Springer Spektrum.
- Goldhausen, I. & Di Fuccia, D. (2015). *Mathematische Modelle im Chemieunterricht*. Dissertation, Universität Kassel.
- Goldhausen, I. & Di Fuccia, D. (2020). Mathematical Modelling in Chemistry Lessons. *CHEMKON*, 28(7), 282-293.
- Johnston, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of computer assisted learning*, 7(2):75-83.
- Massolt, J., Nowak, A., Trump, S., & Borowski, A. (2016). Mathematisches Modellieren im Physikunterricht – Erfolgreiche SuS vs. Nicht-erfolgreiche SuS. In: C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen – das Fach in der Fachdidaktik*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015, S. 464-466.
- Meister, J., & Upmeyer zu Belzen, A. (2018). Naturwissenschaftliche Phänomene mit Liniendiagrammen naturwissenschaftlich-mathematisch modellieren. In M. Hammann & M. Lindner (Eds.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik Band 8* (pp. 87–106). Innsbruck: StudienVerlag.